

特開平6-224953

(43)公開日 平成6年(1994)8月12日

(51)IntCl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 4 L 27/18

A 9297-5K

27/20

Z 9297-5K

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 6 頁)

(21)出題番号

特願平5-12305

(22)出願日

平成5年(1993)1月28日

(71)出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72)発明者 田尻 真介

宮城県仙台市青葉区上愛子字松原48番2

株式会社アドバンテスト仙台研究所内

(72)発明者 山口 隆弘

宮城県仙台市青葉区上愛子字松原48番 2

株式会社アドバンテスト仙台研究所内

(72)發明者 中田 寿一

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会

社アドバンテスト内

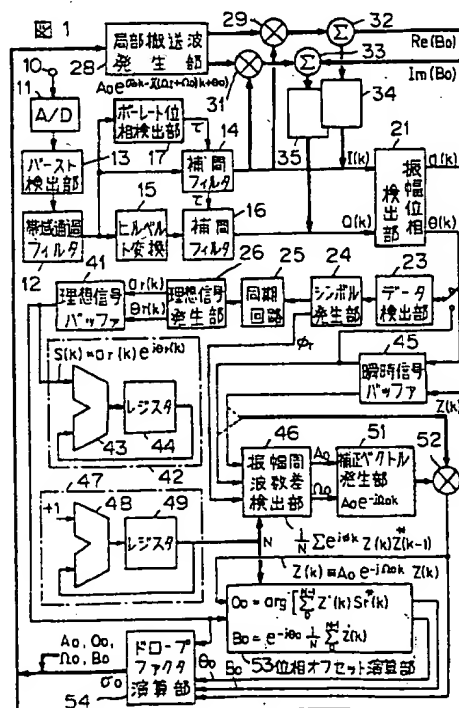
(74)代理人 弁理士 草野 卓 (外1名)

(54)【発明の名称】 DQPSK変調信号評価装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 処理時間を短くし、局部搬送波周波数のずれが大きくても高い精度でパラメータを検出する。

【構成】 $\pi/4$ DQPSK変調信号が入力端子1 0に入力され、同相成分と直交成分とが補間フィルタ1 4、1 6から得られ、振幅位相検出部2 1により、瞬時振幅及び瞬時位相が検出されて、バッファ4 5に記憶され、シンボル発生器2 4で理想的なシンボルが推定され、対応する理想ベクトルが作られてバッファ4 1に蓄えられ、出力は累積加算部4 2により加算される。バッファ4 5よりの検出ベクトルと、その1シンボルクロック前の検出ベクトルの複素共役と理想位相差 ϕ_R との複素相関が検出部4 6で求められ、振幅 A_0 と周波数差 $\Delta\omega_0$ が求められる。これらの補正ベクトルを作り、再び読みだされた各検出ベクトルの修正ベクトル $Z'(k)$ と理想ベクトル $S_R(k)$ とが演算部5 3に入力されて、位相誤差 θ_0 とIQ原点オフセット B_0 とを求める。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力DQPSK信号をAD変換し、

そのAD変換されたデジタル信号を同相成分として、その直交成分を求め、

これら同相成分及び直交成分からその同相成分の瞬時振幅と瞬時位相とを検出し、

これら瞬時振幅及び瞬時位相と、これより1シンボルクロック前に検出した瞬時振幅及び瞬時位相とから理想的変調シンボルを推定し、

その推定理想シンボルと、上記求めた瞬時振幅及び瞬時位相とから、上記入力DQPSK信号の振幅、周波数、位相、IQ原点オフセットを求めるDQPSK変調信号評価装置において、

上記検出瞬時位相と上記検出推定理想シンボルとから上記入力DQPSK信号の振幅及び周波数を検出する手段とこれら検出した振幅及び周波数を用いて、上記検出瞬時振幅及び瞬時位相を補正する手段と、

その補正された瞬時振幅及び瞬時位相と上記推定理想シンボルとから上記IQ原点オフセットを求める手段と、を具備することを特徴とするDQPSK変調信号評価装置。

【請求項2】 上記変調、振幅及び周波数を求める手段は、上記推定した理想シンボルと、その n シンボルクロック前 (n は1以上の整数) の理想シンボルとの位相差を求める手段と、上記検出瞬時振幅及び瞬時位相によって決まるベクトルと、その n シンボルクロック前の検出ベクトルと、上記検出推定理想シンボルについての検出位相差との複素相関を求める手段と、その求めた複素相関の振幅の逆数を上記振幅とし、位相角を上記検出周波数とする手段とよりなることを特徴とする請求項1記載のDQPSK変調信号評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はBPSK変調信号、QPSK変調信号、DQPSK変調信号などのPSK変調信号の評価、つまりこれら変調信号を作るための変調器の変調精度を評価するPSK変調信号評価装置及びこれらPSK変調信号に於けるベースバンドとした同相信号及び直交信号からなるベクトルの理想的なIQ座標に対する原点オフセットを検出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の変調信号評価装置は、例えば米国雑誌、Hewlett-Packard Journal, VOL. 42, NO. 4, PP73乃至82, April 1991, Raymondo A. Birgenheier, "Measuring the Modulation Accuracy of $\pi/4$ DQPSK Signals for Digital Cellular Transmitters" に示されている。この変調信号評価装置を、図3を参照して簡単に

に説明する。入力端子10から中間周波信号とされたPSK変調信号がAD変換器11に入力されてデジタルデータとされ、これが中間周波帯域ろ波器12に通され、更にバースト検出器13において信号がある部分だけ取り出され、この取り出された信号は補間フィルタ14に直接供給されると共にヒルベルト変換器15に供給されて、補間フィルタ14に対する信号を基準とした、つまり同相成分とした直交成分がヒルベルト変換器15から得られ、これが補間フィルタ16に供給される。又バースト検出器13の出力はポーレート位相検出器17に供給され、ポーレート位相、つまり入力信号の変調信号に於けるシンボルの変換点と、そのシンボルを判定するためのシンボルクロックとの位相差 τ が検出され、この τ によって補間フィルタ14、16に対する補償を行い、つまり補間フィルタ14、16は、例えばFIRフィルタであって、その単位遅延配列に対するインパルス応答のずれに応じて重み係数を補正してポーレート位相 τ に応じた補正を行う。

【0003】補間フィルタ14、16から得られた同相成分と直交成分は加算器18、19においてそれぞれIQ原点オフセットの同相成分及び直交成分がそれぞれ加算されて、同相成分 $I(k)$ と直交成分 $Q(k)$ とが得られ、振幅位相検出部21に於いて、これら同相成分及び直交成分で決まるベクトルの瞬時振幅 $a(k)$ と瞬時位相 $\theta(k)$ とが演算され、これらはパラメータ演算部22に供給されるとともに瞬時位相 $\theta(k)$ はデータ検出器23に供給され、データ検出器23で $\theta(k) - \theta(k-5)$ が演算される。つまりこの例においては瞬時振幅、瞬時位相が各シンボルについてシンボル周期の $1/5$ の周期で演算されており、データ検出器23から現瞬時位相と1つ前のシンボルに於ける瞬時位相との差が検出され、その検出された位相差からシンボル発生器24に於いて理想的シンボルが推定される。つまりデータ検出器23での検出位相差が 0° から 90° の間にある場合はシンボル"0, 0"を発生し、 90° から 180° の間にある場合はシンボル"0, 1"を発生し、 -90° から 0° の間にある場合はシンボル"1, 0"を発生し、 -180° から -90° の間にある場合はシンボル"1, 1"を発生する。これら得られたシンボルは同期回路25でユニーク28ビット同期ワードと関係付けられ、測定されるべきバーストの間隔が確立される。この同期回路25の出力は理想信号発生部26に供給されて、これより推定シンボルで決まる理想IQベクトルと対応した理想瞬時振幅 $a_r(k)$ と理想瞬時位相 $\theta_r(k)$ が発生されてパラメータ演算部22に供給される。

【0004】パラメータ演算部22においては次の

(1) 式で与えられる誤差ベクトルの自乗平均値の線形近似式が最小となるようにパラメータの値が求められる。

$$\varepsilon^2 = \sum a(k) a_r(k) \exp(\sigma_0 k) \{ [\ln A_0 + \sigma_0 k + \ln a(k) - \ln a_r(k)]^2 + [\theta(k) - \theta_r(k) - \Omega_0 k - \theta_0]^2 \} \dots (1)$$

ここでパラメータの A_0 は送信器利得、 σ_0 はドループファクタ（シンボル当たりの振幅変化量）、 Ω_0 はオフセット周波数（シンボル当たりの位相変化量）、 θ_0 は位相誤差、 B_0 はI/Q原点オフセットである。これらパ

ラメータをもちいて次にI/Q原点オフセットの同相成分 I_0 と直交成分 Q_0 とを次の(2)式及び(3)式で計算する。

$$I_0 = (1/N) \sum \{ A_0 a(k) \exp(\sigma_0 k) \cos[\theta(k) - \Omega_0 k - \theta_0] - a_r(k) \cos \theta_r(k) \} \dots (2)$$

$$Q_0 = (1/N) \sum \{ A_0 a(k) \exp(\sigma_0 k) \sin[\theta(k) - \Omega_0 k - \theta_0] - a_r(k) \sin \theta_r(k) \} \dots (3)$$

上述の(1)乃至(3)式に於いて Σ は $k=0$ から $N-1$ 迄であり、 N は決定したシンボル数である。

【0005】この計算したI/Q原点オフセット I_0 、 Q_0 がしきい値より大きければ、これらI/Q原点オフセットに対し乗算器30で $(1/A_0) \exp(-\sigma_0 k + j(\Omega_0 k + \theta_0))$ を乗算し、同相成分を補間フィルタ14の出力に減算し、又直交成分を補間フィルタ16の出力に減算して得られた同相成分 $I(k)$ と直交成分 $Q(k)$ について前述と同様に処理してパラメータ演算部22により(1)式乃至(3)式の演算を行う。以下、判定部27に於いてI/Q原点オフセットがしきい値より小さくなるまで同様のことを繰り返す。

【0006】このような繰り返し演算により原点オフセット I_0 、 Q_0 がしきい値より小さくなると、局部搬送波発振器28から、これら求めたパラメータを用いて決まる局部搬送波信号、つまり $A_0 \exp\{(\Omega_1 + \Omega_0)k + \theta_0\}$ 、ここで Ω_1 は最初に仮定した入力端子10の中間周波信号の周波数である。この局部搬送波発振器28からの正弦波信号と余弦波信号とが乗算器29、31においてそれぞれ補間フィルタ14の出力と乗算され、つまり入力DQPSK信号が直交検波され、これら乗算器29、31の出力は加算器32、33において、パラメータ演算部22で求めたI/Q原点オフセットの同相成分 $\text{Re}(B_0)$ 、直交成分 $\text{Im}(B_0)$ とそれぞれ減算され、加算器32、33の出力はそれぞれ低域通過フィルタ（スケールトリートメントコサインフィルタ）34、35を通して、送信信号（入力信号）の変調信号の同相成分と直交成分、つまりベースバンド信号が得られ、減算補正されて振幅位相検出部21に供給され、先に述べたと同様に瞬時振幅、瞬時位相が検出される。更にその前回のシンボルにおける瞬時位相との差を検出して、シンボルが推定され、これに応じた理想瞬時振幅、理想瞬時位相が発生されてパラメータ演算部22へ供給され、又、振幅位相検出部21で検出された瞬時振幅と瞬時位相とがパラメータ演算部22に供給されて、先に述べたと同様に各種のパラメータが求められる。これらパラメータが先に求めたパラメータと異なる場合は同期回路25及び理想信号発生部26での理想瞬時振幅、位相の発生が繰り返される。

【0007】このようにして、更に正確なパラメータが

決定され、このパラメータを使って再び局部搬送波発振器28が制御され、局部搬送波発振器28からの正弦波信号及び余弦波信号と補間フィルタ14、16の出力とが乗算器29、31でそれぞれ乗算されて、同相成分、直交成分が検波され、この信号と理想ベクトルとの誤差が求められ、更にその誤差の平均値が求められる。この平均値が変調精度を表す。つまり図4Aに示すようにI/Q平面座標上において、タイミング、振幅、周波数、位相、直流オフセットについて補正された変調信号の検出ベクトル36（ $A_0 \exp(\sigma_0 k - j(\Omega_0 k + \theta_0)) Z(k)$ ）とその理想的な基準ベクトル37（ $S_r(k)$ ）との誤差ベクトル38の平均したものが変調精度である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の変調精度評価装置においては、その手順を示すと、図4Bに示すようにステップS1において式(1)に対し、I/Q原点オフセットが0と仮定して、線形近似を適用した最小2乗法計算を行い、これにより求めたパラメータ A_0 、 σ_0 、 Ω_0 を用いて式(2)及び(3)を計算してI/Q原点オフセットを求め（S2）、その求めたI/Q原点オフセットがしきい値以下か否かを判定し（S3）、これがしきい値以上であれば、そのI/Q原点オフセットに対し $(1/A_0) \exp(-\sigma_0 k + j(\Omega_0 k + \theta_0))$ を乗算し（S4）、その乗算結果を補間フィルタ14、16の出力に対して補正し（S5）、その補正した結果について同様のことを繰り返し、I/Q原点オフセットがしきい値よりも小さくなるまで上記のことを繰り返す。I/Q原点オフセットがしきい値よりも小さくなると、コヒーレント復調、つまり通常の受信機に於ける復調と同様のことを行う（S6）。このように従来においては、最初にI/Q原点オフセットが0と仮定して、パラメータ推定演算を線形近似で行っているため、パラメータが正しく演算できるまで上記繰り返し演算を何回も行う必要があり、処理時間が長くなり、しかも場合によっては何回演算しても最適な結果が得られないことがある。

【0009】このような点から振幅位相検出部21よりの瞬時振幅及び瞬時位相（必要に応じて理想的位相差と）から、まずI/Q原点オフセットを求め、そのI/Q原点オフセットにより瞬時振幅及び瞬時位相を修正して、

その修正した瞬時振幅及び瞬時位相と求めた理想信号とからパラメータを演算することが考えられる。このようにすれば、繰り返し演算を行うことなく、短時間でパラメータを求めることができる。

【0010】しかし、このようにIQ原点オフセットを最初に求める場合においては、そのIQ原点オフセットの推定誤差は、図5Aに示すように送信側の搬送波と受信側の局部搬送波との周波数差 ΔF が大きくなると増大する。この図5Aから最初にIQ原点オフセットを求めてパラメータを得ることができる範囲は、搬送波の周波数差 $\Delta F (= \Omega_0 \cdot f_s \cdot 2\pi, f_s$ はシンボルレート)が0.4KHz以下の場合である。

【0011】このように周波数オフセットがあると、例えば周波数差 ΔF が1KHzの場合各シンボル点(信号点)に於ける瞬時振幅及び瞬時位相により求まる検出ベクトル $Z(k)$ は、図5Bに示すようにばらつく。図5Bに於いて、○印が理想的信号点である。黒点が検出ベクトル $Z(k)$ の先端である。このように検出ベクトルは理想的信号点に対して集中しないで、隣の信号点の何方に属するか不明な部分が現れ、正しいパラメータを求めることができない。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、検出瞬時振幅及び瞬時位相により決まる検出ベクトルと、その n シンボルクロック前(n は1以上の整数)の検出ベクトルと、対応する理想的シンボルに対するベクトルとから変調信号の振幅及び周波数差を求め、その求めた振幅及び周波数差を用いて、その検出ベクトルの振幅及び位相を補正し、その補正された検出ベクトル、理想ベクトルとから位相差及びIQ原点オフセットを求める。変調信号の振幅及び周波数差の検出としては、例えば検出ベクトルとその n シンボルクロック前の検出ベクトルと、更に対応する理想シンボルベクトルとの複素相関を求めれば良い。

$$\exp(j\Omega_0) (1/A_0^2) [\exp(-j\phi_k) | B_0 |^2 + B_0^* S_r^*(k-1) + B_0 S_r^*(k) + 1]$$

これを N 個のシンボル数だけ累積加算した値は、 $\exp(-j\phi_k)$ 、 $S_r(k)$ がとり得る値を等確率にとる確率変数とみなせば、前式の[]中の1~3項は、中心極限定理を用いて評価することができ、そして N の値に比べて充分小さなものとなる。従ってこの複素相関演算の結果、平均値振幅の逆数の平方根で A_0 が求まり、平均値の位相角で周波数差 Ω_0 が求まる。

【0016】このようにして得られた振幅 A_0 と周波数差 Ω_0 とからその補正ベクトルを補正ベクトル発生部51により求める。即ち $A_0 \exp(-j\Omega_0 k)$ を求め、この補正ベクトルをバッファ45から再び読みだした検出ベクトル $Z(k)$ に対し、乗算器52で乗算して補正する。つまり各検出ベクトル $Z(k)$ について振幅を A_0 倍するとともに、位相を $\Omega_0 \cdot k$ だけ逆に回転する。この補正された検出ベクトル $Z'(k)$ を位相オフセット演算部53に

【0013】

【実施例】図1にこの発明の実施例を示し、図3と対応する部分には同一符号を付けてある。この実施例においては、理想信号発生部26からの理想瞬時振幅 $a_r(k)$ と理想的瞬時位相 $\theta_r(k)$ を用いて瞬時理想ベクトル $S(k)$ を求める。これを理想信号バッファ41に記憶し、このバッファ41よりの理想ベクトルが累積加算部42に於いて累積加算される。即ち累積加算部42においてバッファ41からの理想ベクトルは加算器43でレジスタ44に格納されている値と複素加算され、その加算値がレジスタ44に格納される。

【0014】一方、振幅位相検出部21よりの検出瞬時振幅及び瞬時位相は瞬時信号バッファ45に記憶される。この記憶した信号は振幅周波数差検出部46とデータ検出部23に供給され、又、この振幅周波数差検出部46には、シンボル発生部24から、各検出シンボルに対応した理想的な位相 ϕ_k が入力される。この振幅周波数差検出部46に於いて下記の複素相関演算の平均が行われる。

$$(1/N) \sum \exp(-j\phi_k) Z(k) Z^*(k-1)$$

*は複素共役を示す。ここで \sum は $k=0$ から $N-1$ 迄、この N は累積加算部42において累積加算値、つまり加算器43の出力が最後に0となったときの、それまでの累積加算回数である。この累積加算回数の計算は、加算回数計数部47において行われる。即ち加算回数計数部47内で加算器48において数1とレジスタ49内の格納値とが加算され、その加算結果がレジスタ49に格納される。この1加算する動作が累積加算部42における累積加算と同期して行われ、又この動作と同期して振幅周波数差検出部46に於ける対応する複素相関演算が行われる。

【0015】検出ベクトル $Z(k)$ は次式で表される。

$$Z(k) = (1/A_0) [B_0 + S_r(k)] \exp[j(\Omega_0 k + \theta_0)]$$

従って前記の複素相関演算は次式で表される。

入力し、又理想信号バッファ41からの理想ベクトル $S_r(k)$ を入力して、次の演算をして位相誤差 θ_0 とIQ原点オフセット B_0 を求める。

$$\theta_0 = \arg[\sum Z'(k) S_r^*(k)]$$

$$B_0 = \exp(-j\theta_0) (1/N) \sum Z'(k)$$

\sum は $k=0$ から $N-1$ 迄この演算は(1)式に A_0 、 Ω_0 を代入し、 $\sigma_0=0$ と仮定して、この時の二乗誤差が最小になるようにして求めたものである。これら θ_0 、 B_0 の式が成り立つためには $\sum S_r(k) = 0$ (\sum は $k=0$ から $N-1$ まで)が成立する必要がある、このため加算器43の出力が0となるのを検出している。又、位相誤差 θ_0 の式において、正しく周波数差 Ω_0 が求まっていれば $S_r(k)$ は1として良い。更にこの例では、この演算された位相誤差 θ_0 とIQ原点オフセット B_0 と、更に補正された検出ベクトル $Z'(k)$ 及び理想ベクトル S

$r(k)$ とから振幅変動 σ_0 が演算部54によって演算される。即ち $X'(k) = \exp(-j\theta_0) Z'(k)$ 又、 $X_r(k) = S_r(k) + B_0$ とし、且つ $\exp(\sigma_0 k) = 1 + \sigma_0(k)$ と近似して、次式により σ_0 を求める。

$$\sigma_0 = \frac{\sum(k) [\operatorname{Re}(X'(k) X_r^*(k)) - |X'(k)|^2]}{\sum(k^2 |X'(k)|^2)}$$

Σ は $k=0$ から $N-1$ 迄、このようにして得られたパラメータ A_0 、 θ_0 、 Ω_0 、 B_0 、更に σ_0 を用いて局部搬送波発振器28の発振信号の定数を設定し、又、加算器32、33に於けるIQ原点オフセットに対する同相成分と直交成分を作って補正することは、従来と同様である。

【0017】 上述においては、検出ベクトルと、その1シンボルクロック前の検出ベクトルの複素共役とその理想的な対応するシンボル間の位相差との複素相関を求めて、 A_0 、 Ω_0 を求めたが、これは検出ベクトルと n シンボルクロックまえの検出ベクトルの複素共役と、これらベクトルと対応する n シンボルクロック差のシンボルに対応する理想ベクトル間の位相変化量の累積との複素相関を求めても良い。

【0018】 検出ベクトル $Z(k)$ と、その1シンボルクロック前の検出ベクトルの複素共役 $Z^*(k-1)$ との相関、つまりその両ベクトルの位相差は図2Aに示すように、理想的な信号点の○印の付近に集中して、そのばらつきが少なくなり、これは、周波数差 ΔF が比較的大き

くてもこのようになり、即ち図5Bに示した場合に比べれば、理想的信号点に集中したものとなる。このため、このような相関を利用して、先に述べたように周波数差 Ω_0 と振幅 A_0 を求めると、周波数差 ΔF が大きくても正しく求めることができる。

【0019】

【発明の効果】 以上述べたようにこの発明によれば、先ず振幅と周波数差を求め、これに応じて検出ベクトルを修正し、その修正した検出ベクトルから位相誤差 θ_0 及びIQ原点オフセット B_0 を求めているため、繰り返し演算をする必要がなく、速く求めることができ、しかも周波数差 ΔF が大きい場合でも正しく求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例を示すブロック図。

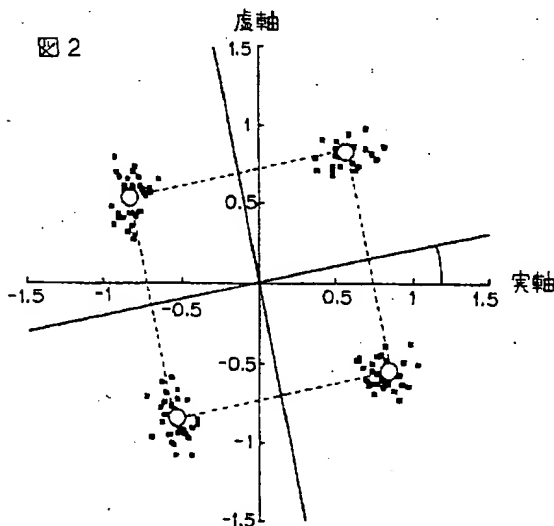
【図2】 その検出ベクトルとその1シンボルクロック前の検出ベクトルの複素共役との相関のばらつき状態を示す図。

【図3】 従来の信号評価装置を示すブロック図。

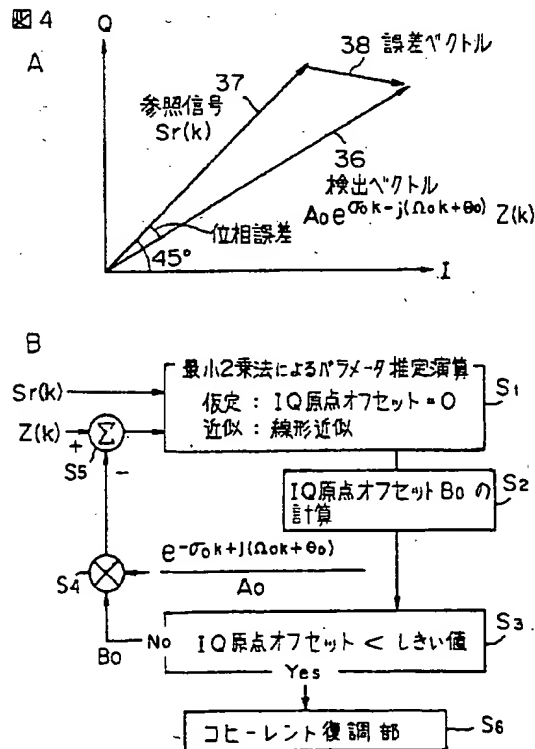
【図4】 Aは検出ベクトルと理想参照ベクトルとその誤差ベクトルの関係を示す図、Bは図3の従来の装置における処理アルゴリズムを示すブロック図である。

【図5】 Aは従来のIQ原点オフセットの推定誤差と搬送周波数差との関係を示す図、Bは検出ベクトルの分布と理想的信号点との関係を示す図である。

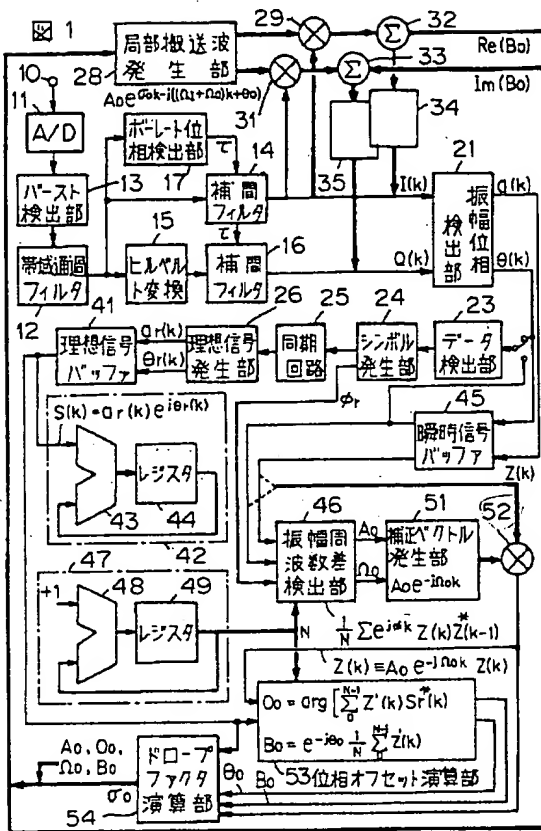
【図2】



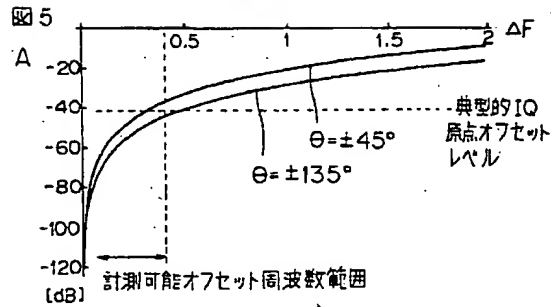
【図4】



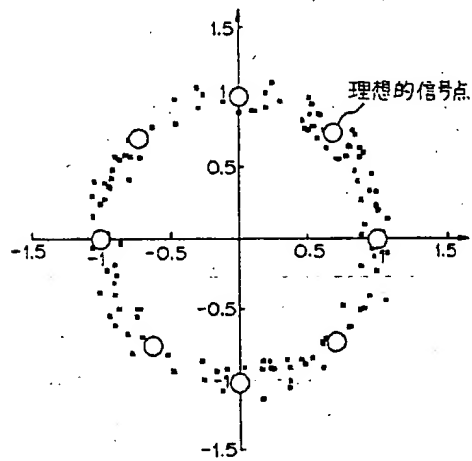
【図1】



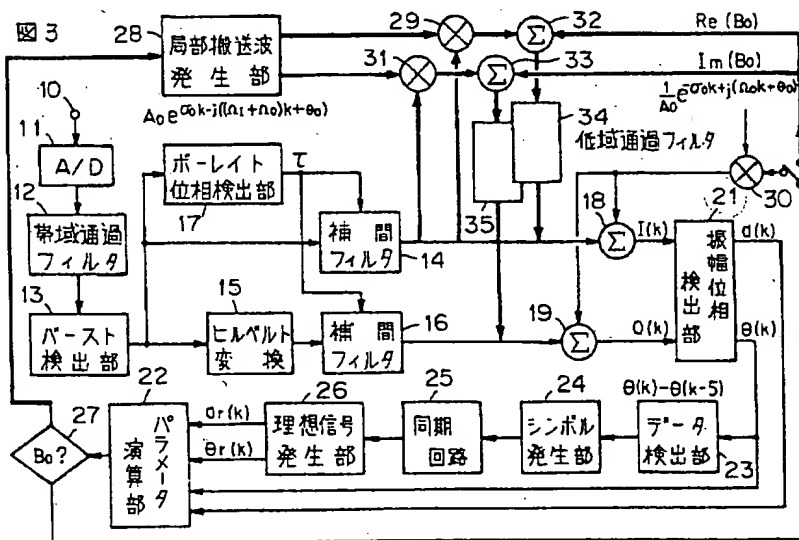
【図5】



B



【図3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.